

6. Баяндина М. А. Баяндина Т. В. Исследование каолинов месторождений Южного Урала с целью получения муллитокорундового материала // Инновации и инвестиции. 2015. № 9. С. 174–177.

7. Kashcheev I. D., Bayandina M. A., Bayandina T. V. Mullite-corundum material based in high-alumina chamotte grade RASC // Refractories and industrial ceramics. 2016. Vol. 57. № 3. P. 258–261.

УДК 621.365

ОБЗОР ОСНОВНЫХ СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ АЛЮМОМАТРИЧНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

REVIEW OF THE MAIN METHODS PRODUCING ALUMINUM-MATRIX COMPOSITE MATERIALS

Борисов А. Ю., Шабурова А. А., Фризен В. Э.

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, vfrizen@yandex.ru

Borisov A. Yu., Shaburova A. A., Frizen V. E.
Ural Federal University, Ekaterinburg

Аннотация: В работе изложены основные сведения об алюмоматричных композиционных материалах, достоинства и недостатки, а также основные способы получения.

Abstract: The paper presents basic information about the aluminum-matrix composite materials, advantages and disadvantages, as well as the main obtaining methods.

Ключевые слова: алюминий; композит; матрица; армирующее вещество.

Key words: aluminum; composite; matrix; reinforcing agent.

Одним из магистральных направлений развития современного материаловедения и машиностроения является разработка и применение композиционных материалов (КМ), которые состоят из матрицы и распределенных в ней армирующих элементов [1]. Материал матрицы окружает и фиксирует армирующий материал, придает изделию форму. Армирующее вещество передает изделию свои механические и физические свойства, и, таким образом, усиливает свойства матрицы. Такая взаимосвязь позволяет создать более совершенный материал с набором свойств, недоступным каждому из входящих в его состав материалов в отдельности. Благодаря этому, они обладают качественно новыми, зачастую уникальными свойствами.

Главными преимуществами КМ являются:

- возможность получить материал с такими свойствами, которыми не обладает ни один классический материал;
- возможность сконструировать материал в соответствии с требуемыми свойствами.

По типу матричного материала композиты делятся на полимерные, металлические, керамические, углерод-углеродные и гибридные, а что касается геометрии армирующего элемента, то на порошковые (дисперсно-армированные), волокнистые и слоистые.

Металлические композиционные материалы (МКМ) имеют ряд важных преимуществ: высокие жесткость, прочность, трещиностойкость, износостойкость, электро- и теплопроводность, технологичность, широкий температурный интервал работы: до 450 °С с матрицей из металлов с низкой температурой плавления (Al, Mg) и до 1000 °С композиты на основе титана, хрома, никеля [1].

Дисперсно-армированные КМ выгодно отличаются от волокнистой и слоистой изотропии своих свойств, универсальностью и сравнительной простотой технологии изготовления, в связи с чем дисперсно-армированные МКМ нашли широкое применение в машиностроении, а среди них на первом месте по объему применения находятся алюмоматричные композиционные материалы (АМКМ).

Искусственное введение в структуру пластичных сплавов алюминия частиц нитевидных кристаллов и коротких волокон из высокопрочных, высокомодульных тугоплавких веществ с высокой энергией межатомной связи: карбидов (SiC, TiC, B₄C), оксидов (Al₂O₃), боридов (TiB₂), интерметаллидов, тугоплавких металлов обеспечивает высокие механические свойства, в том числе в условиях действия повышенных температур (до 500 °С), при сохранении малого удельного веса и других свойств алюминия.

Основными преимуществами алюмоматричных КМ являются высокие показатели электро- и теплопроводности, теплоемкости, демпфирующая способность, высокие технологические свойства и низкий вес. Сплавы на основе алюминия в три раза легче сплавов на основе меди и железа. Введение в алюминиевую матрицу армирующих наполнителей существенно повышает прочность, вязкость разрушения и несущую способность материала при незначительном увеличении массы. Дисперсно-наполненные КМ на основе алюминиевых сплавов обладают наилучшим сочетанием механических и триботехнических свойств, что определяет успех их применения в промышленности, особенно в узлах трения [2].

Дисперсно-армированные алюмоматричные композиты могут изготавливаться технологией:

- твердофазной,
- жидкофазной,
- гетерофазной.

Методы твердофазной технологии включают операции выкладки пакета из чередующихся слоев волокон и матричного сплава и дальнейшего горячего компактирования пакета прессованием, прокаткой и т. п., используют наполнители в виде моноволокон. Методы порошковой металлургии обычно используют для изготовления МКМ с наполнителями из порошковых частиц, нитевидных кристаллов или коротких волокон путем твердофазного спекания алюминиевых порошков [3]. Хорошо известные алюмоматричные композиты типа САП (спеченный алюминиевый порошок), в которых функцию упрочняющей фазы выполняют частицы оксида алюминия.

Методы жидкофазной технологии включают методы жидкого прессования, вортекс-процесс, методы механического и электромагнитного замешивания, замешивания с подачей газовой среды, вакуумной и компрессионной пропитки, плазменной инъекции, центробежного литья, литье под низким и высоким давлением, лигатурный метод, в том числе метод легирования таблетками и порошковыми брикетами. Получение алюмоматричных композиций жидкофазными методами возможно при условии смачивания частиц упрочняющей фазы расплавом или применения дополнительных внешних воздействий (например, принудительного давления). Смачивание вводимых в расплав дисперсных частиц обеспечивает непрерывный физический контакт между фазами, необходимый для достижения прочных адгезионных связей между поверхностью дисперсных частиц и металлическим расплавом [3]. Такое разнообразие способов связано с тем, что большинство дисперсных материалов, используемых в качестве наполнителя, при обычных условиях не смачиваются расплавом алюминия [4].

Жидкофазное соединение компонентов композиционных сплавов может осуществляться как введением готовых армирующих частиц в матричный расплав, например, методы механического и электромагнитного замешивания, так и за счет проведения химической реакции синтеза упрочняющих частиц непосредственно в расплаве. В последнем случае обеспечивается более плотный контакт и хорошая связь (адгезия) между фазами композиционного сплава, так как эти фазы не вносятся извне с поверхностями, обычно загрязненными оксидами и адсорбированными газами, и влагой, а образуются непосредственно в объеме расплава, не контактируют с атмосферой [1].

Методы гетерофазной технологии (жидко-твердофазные), процессы, в которых ввод упрочняющих частиц осуществляется в интервале кристаллизации сплавов включая композиционное литье жидко-твердых суспензий [3].

В последние годы особое внимание уделяется получению литых алюмоматричных композиционных сплавов с наноразмерными частицами армирующей фазы. Уменьшение размеров частиц до наноуровня (не более 0,1 мкм) существенно увеличивает их количество в единице объема матричного расплава, тем самым увеличивая число центров кристаллизации при охлаждении расплава. Наночастицы имеют высокую седиментационную устойчивость в расплаве; будучи весьма многочисленными и находясь длительное время во

взвешенном состоянии, они блокируют диффузию атомов к зарождающимся и растущим кристаллам, способствуя формированию мелкокристаллической структуры [1].

Таким образом, наличие важных преимуществ алюмоматричных композиционных материалов позволяет говорить о перспективности их применения с точки зрения энерго- и ресурсоэффективности.

Список используемых источников

1. Алюминиевые композиционные сплавы – сплавы будущего: учебное пособие / А. Р. Луц, И. А. Галочкина. Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2013. 82 с.
2. Михеев Р. С., Чернышова Т. А. Алюмоматричные композиционные материалы с карбидным упрочнением для решения задач новой техники. М. : РФФИ, 2013. 356 с.
3. Рафальский И. В. Получение литейных композиционных материалов из алюминиевых сплавов в гетерофазном состоянии с дисперсными наполнителями // Литье и металлургия. 2011. № 3. С. 26-31
4. Arabey A., Rafalski I., Nemianionak B., Chaus A. The reactive synthesis of casting Al-Si alloys by in-situ method // International Doctoral Seminar. Proc. Trnava: AlumniPress, 2011. P. 1–10.

УДК 666.946.2

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА В СОСТАВЕ СЫРЬЕВОЙ СМЕСИ СУЛЬФОФЕРРИТНОГО И СУЛЬФОАЛЮМИНАТНОГО КЛИНКЕРОВ

TECHNOGENIC MATERIALS USE OF THE URAL REGION IN SULFOFERRITE AND SULFOALUMINATE CLINKER RAW MATERIAL MIXTURE

Вайтанова Ю. А., Старикова В. С., Пономаренко А. А.
Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург,
a.a.ponomarenko@urfu.ru

Vaitanova Yu. A., Starikova V. S., Ponomarenko A. A.
Ural Federal University, Ekaterinburg

Аннотация: Определен химический состав техногенных отходов химических и горно-металлургических предприятий Урала. Показано, что исследованные отходы являются перспективным сырьем для синтеза